

Επιδιόρθωση της αιματικής λόρδωσης στην τσιπούρα (*Sparus aurata* L.)

Στέφανος Φραγκούλης¹, Αλίκη Πρίντζη¹, Γεώργιος Γελαδάκης¹, Νίκος Κατριμπούζας², Γιώργος Κουμουνδούρος¹

¹Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Κρήτης, grad761@edu.biology.uoc.gr, gkoumound@biology.uoc.gr

²ΑΝΔΡΟΜΕΔΑ Α.Ε. nkatribouzas@andromedagroup.gr

ABSTRACT

Stefanos Frangkoulis¹, Alice Printzi¹, George Geladakos¹, Nikos Katribouzas², George Koumoundouros¹: Recovery of haemal lordosis in Gilthead seabream (*Sparus aurata* L.)

Haemal lordosis is an abnormality of the vertebral column that can reach high prevalence and severity degree, with significant effects on the body shape of the fish. In the present paper, we show that haemal lordosis recovers during the on-growing period of gilthead seabream. Conducting the experimental procedure, 290 seabream juveniles were tagged electronically and examined periodically for the presence of haemal lordosis. The results indicated that approximately 50% of the tagged fish that showed lordotic external morphology at the beginning of the experiment tend to recover and have normal phenotype at the end of the experimental procedure. No significant differences were observed by geometric morphometric analysis between the fish with recovered normal phenotype and the fish with normal phenotype since the beginning of the on-growing period. This is the first evidence for the recovery of haemal lordosis in reared fish.

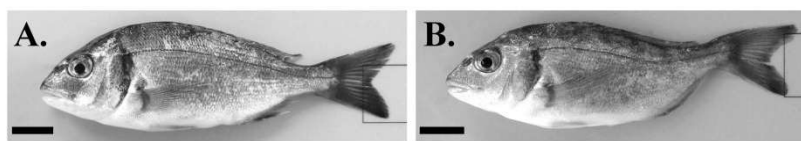
Keywords: Skeletal deformities, body shape, geometric morphometry, reared fish

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αιματική λόρδωση είναι μια σκελετική παραμόρφωση των εκτρεφόμενων πληθυσμών. Πρόκειται για μια συχνή παραμόρφωση της σπονδυλικής στήλης με έντονη διακύμανση που μπορεί να επηρεάσει το σχήμα του σώματος των ψαριών ανάλογα με την ένταση εμφάνισής της (Sfakianakis *et al.* 2006b). Στο φαγκρί (*Pagrus major*) η αιματική λόρδωση είναι συνέπεια της έντονης κολυμβητικής δραστηριότητας (Kihara *et al.* 2002). Ωστόσο έχει φανεί ότι ελέγχοντας την κολυμβητική ένταση των ιχθυδίων μπορεί να μην επιλυθεί πλήρως το πρόβλημα καθώς εμπλέκονται και άλλοι παράγοντες όπως η θερμοκρασία ανάπτυξης (Sfakianakis *et al.* 2006a, Georgakopoulou *et al.* 2010), τα επίπεδα ρετινοϊκού οξέος στη διατροφή (Sfakianakis *et al.* 2006a) και το γενετικό υπόβαθρο (Bardon *et al.* 2009). Στην παρούσα εργασία μελετήσαμε την εξέλιξη της αιματικής λόρδωσης κατά την περίοδο αύξησης ιχθυδίων τσιπούρας (*Sparus aurata* L.). Η παρακολούθηση της παραμόρφωσης ήταν εφικτή τόσο σε ατομικό επίπεδο όσο και σε επίπεδο πληθυσμού των ιχθυδίων μετά από την ηλεκτρονική επισήμανσή τους. Επιπλέον μελετήθηκε η επίδραση της αιματικής λόρδωσης στο σχήμα του σώματος των ψαριών.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για την εξέλιξη της αιματικής λόρδωσης επιλέχθηκαν 140 άτομα που είχαν λορδωτική εξωτερική μορφολογία και 150 άτομα με φυσιολογική (Εικόνα 1). Η κατηγοριοποίηση βασίστηκε στη ραχιαία μετατόπιση του ουραίου μίσχου. Τα άτομα επισημάνθηκαν ηλεκτρονικά (FDX-B, Trovan Ltd, USA), ενώ η εξωτερική τους μορφολογία εξεταζόταν σε τακτά χρονικά διαστήματα μέχρι να φτάσουν στο εμπορεύσιμο μέγεθος (262 ± 14 mm SL). Με βάση την εξέλιξη της εξωτερικής τους μορφολογίας, 126 ενήλικα άτομα επιλέχθηκαν για ακτινογραφίες προκειμένου να συγκριθεί η εσωτερική τους ανατομία με την εξωτερική μορφολογία. Η ανάλυση του σχήματος του σώματος έγινε σε ψηφιακές φωτογραφίες των αναισθητοποιημένων ατόμων, με τη μέθοδο της γεωμετρικής μορφομετρίας και ανάλυση 14 οροσήμων (Frangkoulis *et al.* submitted). Στην ανάλυση περιλαμβάνονταν όλα τα ακτινογραφημένα ενήλικα άτομα με βελτιωμένο φαινότυπο, τα άτομα με λορδωτικό φαινότυπο και είκοσι πέντε φυσιολογικά.

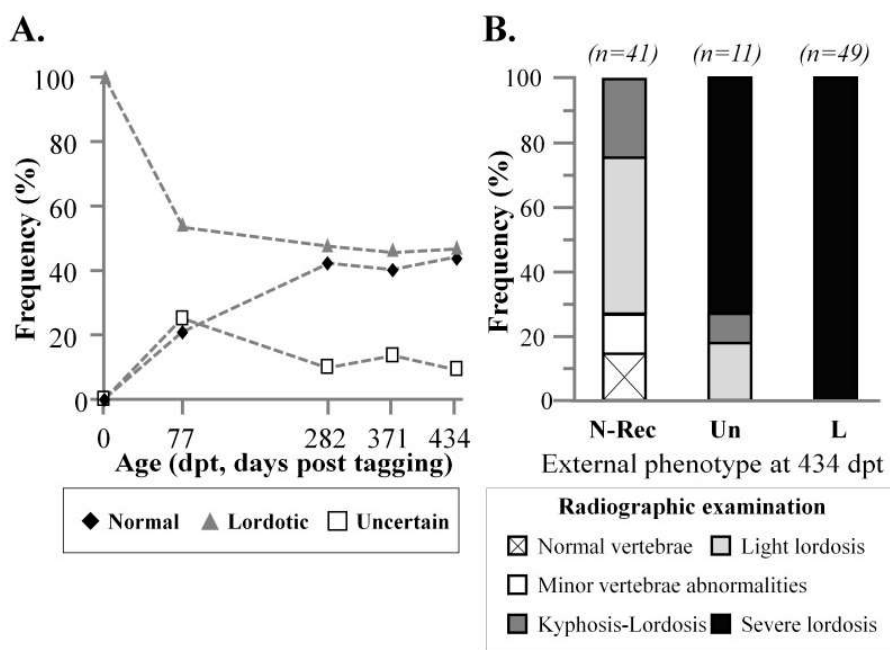


Εικόνα 1. Ιχθύδια τσιπούρας στην αρχή του πειράματος (1dpt, day post-tagging) με (A) φυσιολογικό και (B) λорδωτικό φαινότυπο. Οι κλίμακες ισούται με 1 cm.

Figure 1. Sea bream juveniles at 1dpt (day post-tagging) with (A) normal and (B) lordotic phenotype. Scale bars are equal to 1 cm.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

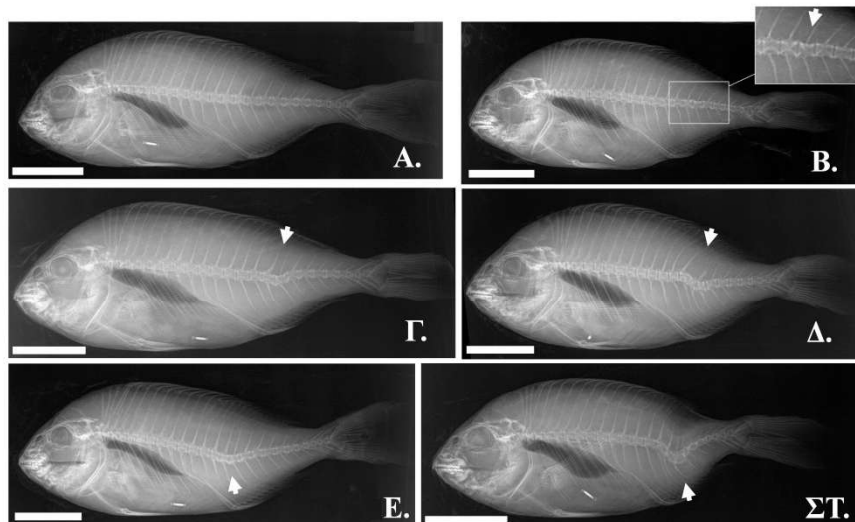
Από την εξατομικευμένη παρακολούθηση των λорδωτικών ατόμων φάνηκε ότι το 20,7% εμφάνισαν φυσιολογικό φαινότυπο στις 77 dpt (days post-tagging, ημέρες μετά το μαρκάρισμα), ενώ ως το τέλος του πειράματος (434 dpt) το ποσοστό αυξήθηκε στο 43,6% (Εικόνα 2Α).



Εικόνα 2. Α. Εξέλιξη της εξωτερικής μορφολογίας των αρχικά λорδωτικών ιχθυιδίων κατά την περίοδο της εκτροφής. Β. Ακτινογραφική κατηγοριοποίηση των αρχικά λорδωτικών ατόμων στο τέλος του πειράματος (434 days post-tagging). N-Rec, άτομα με φυσιολογική εξωτερική μορφολογία. Un, Uncertain, άτομα με αβέβαιη εξωτερική μορφολογία. L, άτομα με λорδωτική εξωτερική μορφολογία.
Figure 2. A. Evolution of the external morphology of the initially lordotic juveniles at tagging throughout the on-growing period. B. Radiographic categorization of the initially lordotic fish at the end of the trial (434 days post-tagging). N-Rec, fish with normal external morphology, Un, Uncertain, fish with uncertain external morphology. L, fish with lordotic external morphology.

Το 26,8% των ατόμων με επιδιορθωμένο εξωτερικό φαινότυπο, είχαν απολύτως φυσιολογική σπονδυλική στήλη (14,6% Εικόνα 2Β, Εικόνα 3Α), είτε ελαφριές παραμορφώσεις στα κέντρα των σπονδύλων (12,2% Εικόνα 2Β, Εικόνα 3Β). Το 48,8% των ατόμων με επιδιορθωμένη εξωτερική μορφολογία είχαν λόρδωση ελαφριάς έντασης (Εικόνα 2Β, Εικόνα 3Γ), ενώ το 24,4% εμφάνισε μια αντίρροπη κύφωση πρόσθια της λόρδωσης (Εικόνα 2Β, Εικόνα 3Δ). Το 72,7% των αρχικά λорδωτικών ατόμων που εμφάνισαν αβέβαιη εξωτερική μορφολογία στο τέλος του πειράματος (434 dpt), είχαν λόρδωση σοβαρής έντασης

(Εικόνα 2B, Εικόνα 3E). Όλα τα άτομα με λорδωτική εξωτερική μορφολογία είχαν και ακτινογραφικά λорδωση σοβαρής έντασης (Εικόνα 2B, Εικόνα 3ΣΤ).

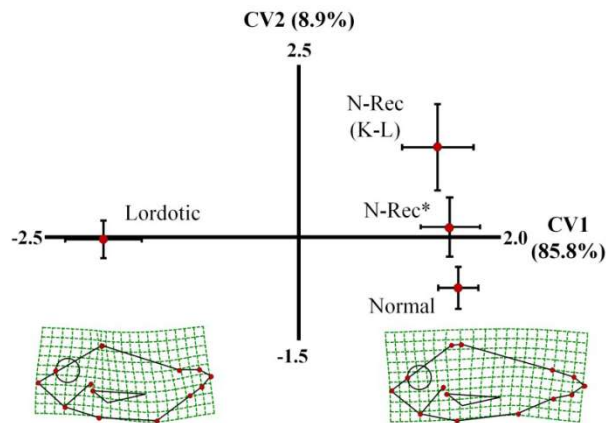


Εικόνα 3. Αιματική λорδωση ποικίλης έντασης σε τσιπούρες στο τέλος του πειράματος (434 days post-tagging). Α. Φυσιολογικό άτομο. Β. Άτομο με ελαφριές παραμορφώσεις στο σπόνδυλο Γ. Άτομο φυσιολογικής εξωτερικής μορφολογίας και λорδωση ελαφριάς έντασης. Δ. Άτομο με κύφωση πρόσθια της λорδωσης. Ε. Άτομο αβέβαιης εξωτερικής μορφολογίας και λорδωση σοβαρής έντασης. ΣΤ. Άτομο με λорδωτική εξωτερική μορφολογία και λорδωση σοβαρής έντασης. Οι κλίμακες ισούται με 5 cm.

Figure 3. Haemal lordosis of variant severity in seabream at 434 dpt (days post-tagging). A. Normal fish. B. Fish with minor vertebrae abnormalities. C. Fish with light internal lordosis and normal external phenotype. D. Fish with kyphosis prior to lordosis. E. Fish with severe internal lordosis and uncertain external phenotype. F. Fish with severe internal lordosis and lordotic external phenotype. Scale bars are equal to 5 cm.

Από την ανάλυση των κανονικών μεταβλητών φάνηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ατόμων με επιδιορθωμένη εξωτερική μορφολογία και των φυσιολογικών (Εικόνα 4). Στην πρώτη κανονική μεταβλητή (CV1, εξηγεί το 85,8% της διακύμανσης) διαχωρίστηκαν τα άτομα με λорδωτική εξωτερική μορφολογία (Lordotic) από τα φυσιολογικά άτομα (Normal) και τα άτομα με επιδιορθωμένη εξωτερική μορφολογία (N-Rec*, N-Rec K-L) (Wilks $\lambda=0,155$, $p<0,001$, Εικόνα 4).

Στην παρούσα εργασία δείξαμε ότι η εξωτερική μορφολογία λорδωτικών ιχθυδίων τσιπούρας επιδιορθώνεται πλήρως κατά τη περίοδο της πάχυνσης. Αυτό επιβεβαιώθηκε τόσο από το ατομικό μαρκάρισμα λорδωτικών ψαριών (Εικόνα 2A), όσο και από τις ακτινογραφίες στο τέλος του πειράματος (Εικόνα 3). Είναι η πρώτη φορά που παρατηρείται επιδιόρθωση αιματικής λорδωσης σε ιχθύες. Ενδέχεται η επιδιόρθωση της αιματικής λорδωσης να οφείλεται στην προσαρμογή των ιχθυδίων μετά τη μεταφορά τους στα κλουβιά, όπου οι ταχύτητες των ρευμάτων είναι χαμηλότερες σε σχέση με τις δεξαμενές και πιο συγκεκριμένα στην προσαρμογή των αναπτυσσόμενων σπονδύλων στο νέο περιβάλλον. Ειδικά για είδη που πωλούνται ολόκληρα είναι σημαντική η συσχέτιση της εξωτερικής μορφολογίας με την εσωτερική ανατομία όσον αφορά στην ποιότητα των εκτρεφόμενων ιχθύων. Τα ευρήματα της παρούσας εργασίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά τον ποιοτικό έλεγχο των ιχθυδίων, με βάση την επίδραση των δυσπλασιών στον εξωτερικό φαινότυπο των ιχθύων.



Εικόνα 4. Κατανομή των μέσων τιμών (mean±SD) των ατόμων της τελευταίας δειγματοληψίας (434 days post-tagging) με βελτιωμένη φυσιολογική (N-Rec*, N-Rec K-L), φυσιολογική από την αρχή του πειράματος (1dpt, Normal) ή λорδωτική (Lordotic) εξωτερική μορφολογία κατά μήκος των δυο πρώτων κανονικών μεταβλητών (CV1, CV2). Στις παρενθέσεις δίνονται τα ποσοστά της συνολικής φαινοτυπικής διακύμανσης που εξηγούνται από κάθε κανονική μεταβλητή. Τα πλέγματα παραμόρφωσης (X1) δείχνουν την αλλαγή στο σχήμα του σώματος κατά μήκος του CV1 άξονα.

Figure 4. Distribution of the fish at the end of the trial (434 days post-tagging) with recovered (N-Rec*, N-Rec K-L), normal since the beginning (1dpt, Normal), or lordotic (Lordotic) external morphology along the axes of the canonical variate analysis (CV1, CV2). Numbers in brackets represent the percentage of the shape variance explained by each canonical axis. Spline diagrams (X1) demonstrate body shape differences along CV1.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εργασία χρηματοδοτήθηκε από το πρόγραμμα "Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 727610 (PerformFish)" της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bardon A, Vandeputte M, Dupont-Nivet M, Chavanne H, Haffray P, Vergnet A, Chatain B (2009) What is the heritable component of spinal deformities in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*)? *Aquaculture* 294:194-201.
- Georgakopoulou E, Katharios P, Divanach P, Koumoundouros G (2010) Effect of temperature on the development of skeletal deformities in Gilthead seabream (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758). *Aquaculture* 308:13-19.
- Fragkoulis S, Printzi A, Geladakis G, Katrimpouzas N, Koumoundouros G (2019) Recovery of haemal lordosis in Gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Scientific Reports* (submitted)
- Kihara M, Ogata S, Kawano N, Kubota I, Yamaguchi R (2002) Lordosis induction in juvenile red sea bream, *Pagrus major*, by high swimming activity. *Aquaculture* 212:149-158.
- Sfakianakis DG, Georgakopoulou E, Papadakis IE, Divanach P, Kentouri M, Koumoundouros G (2006) Environmental determinants of haemal lordosis in European sea bass, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture* 254:54-64.
- Sfakianakis DG, Georgakopoulou E, Kentouri M, Koumoundouros G (2006) Geometric quantification of lordosis effects on body shape in European sea bass, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture* 256:27-33.